

Production of a solid body having a microstructure comprises diffusing a material into a substrate region covered by a masking layer, removing the masking layer

Publication number: DE19959346

Publication date: 2001-06-21

Inventor: LEHMANN MIRKO (DE); IGEL GUENTER (DE)

Applicant: MICRONAS GMBH (DE)

Classification:

- International: H01L21/225; H01L21/288; H01L21/336; H01L21/768; H01L21/02; H01L21/70; (IPC1-7): H01L21/225; H01L21/336

- European: H01L21/225A4; H01L21/288E; H01L21/336B2; H01L21/768C6

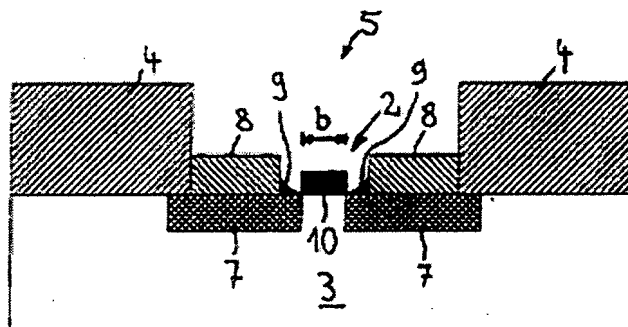
Application number: DE19991059346 19991209

Priority number(s): DE19991059346 19991209

Report a data error here

Abstract of DE19959346

Production of a solid body (1) having a microstructure comprises diffusing a material into a substrate region covered by a masking layer so that a drop in concentration of the material occurs from the edge of the masking layer into the substrate region covered by the masking layer. Process then comprises: removing the masking layer to expose the substrate region below; converting a layer of the substrate near to the exposed substrate region into a coating (9) with a corresponding layer thickness progression; reducing a partial region of the coating; and exposing the substrate region covered by a partial region and/or inserting a material in the substrate region through the coating. The masking layers are removed by covering the substrate regions laterally bordering the masking layer with an etching mask, and contacting the mask with an etching agent so that a layer of the substrate regions to be covered with the etching mask is converted into an etching mask material.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

18 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 199 59 346 A 1

51 Int. Cl. 7:
H 01 L 21/225
H 01 L 21/336

21 Aktenzeichen: 199 59 346.9
22 Anmeldetag: 9. 12. 1999
43 Offenlegungstag: 21. 6. 2001

DE 199 59 346 A 1

71 Anmelder:
Micronas GmbH, 79108 Freiburg, DE
74 Vertreter:
Patent- und Rechtsanwaltssozietät Maucher, Börjes
& Kollegen, 79102 Freiburg

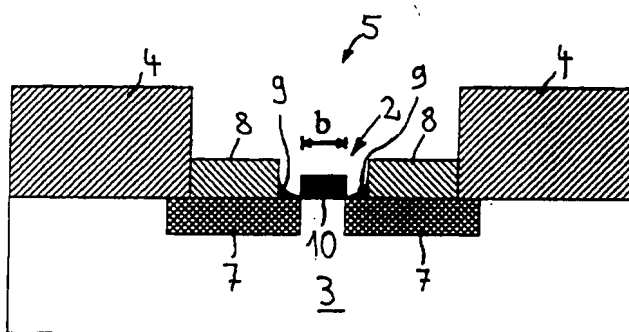
72 Erfinder:
Lehmann, Mirko, Dipl.-Phys., 79106 Freiburg, DE;
Igel, Günter, Dipl.-Ing., 79331 Teningen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren zum Herstellen eines eine Mikrostruktur aufweisenden Festkörpers

57 Bei einem Verfahren zum Herstellen eines Festkörpers (1) mit einer Mikrostruktur (2) wird die Oberfläche eines Substrats (3) mit einer für eine aufzubringende Substanz undurchlässigen Maskierungsschicht (6) versehen. Danach wird die Substanz in von der Maskierungsschicht (6) nicht bedeckte Substratbereiche eingebracht. Mit Hilfe einer Wärmebehandlung wird die Substanz in einen von der Maskierungsschicht (6) überdeckten Substratbereich eindiffundiert, so daß sich, ausgehend vom Rand der Maskierungsschicht (6), mit zunehmendem Abstand vom Rand nach innen in dem von der Maskierungsschicht (6) überdeckten Substratbereich ein Konzentrationsgefälle der Substanz einstellt. Danach wird die Maskierungsschicht (6) zum Freilegen des darunter befindlichen Substrats (3) entfernt und eine in dem freigelegten Substratbereich befindliche oberflächennahe Schicht des Substrats (3) wird mittels einer chemischen Umwandlungsreaktion in eine Beschichtung (9) umgewandelt, die einen dem Konzentrationsgefälle der in der oberflächennahen Schicht enthaltenen Substanz entsprechenden Schichtdickenverlauf aufweist. In einem Teilbereich der Beschichtung (9), in dem die Dicke der Beschichtung (9) reduziert ist, wird eine Zusatzbehandlung durchgeführt.



DE 199 59 346 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines Mikrostruktur aufweisenden Festkörpers, insbesondere eines Halbleiterbauelements, wobei die Oberfläche eines Substrats mit einer für eine aufzubringende Substanz undurchlässigen Maskierungsschicht versehen und die Substanz danach in von der Maskierungsschicht nicht bedeckte Substratbereiche eingebracht wird.

Ein derartiges Verfahren ist aus dem Buch Integrierte Digitalbausteine, Siemens AG (1970), Seite 12 und 13 bekannt. Dabei wird zum Herstellen eines Halbleiterbauelements ein Oberflächenbereich seines Silizium-Substrats mit einer für einen Dotierungsstoff undurchlässigen, aus Siliziumdioxid bestehenden Maskierungsschicht abgedeckt, während andere Oberflächenbereiche frei bleiben. Zum Erzeugen der Maskierungsschicht wird das Substrat zunächst in einem Sauerstoffstrom angeordnet, wobei sich an der Oberfläche des Substrats eine durchgehende Siliziumdioxid-Schicht ausbildet. Danach wird ein lichtempfindlicher Photolack auf die Substratoberfläche aufgetragen. Dieser Photolack wird durch eine Photomaske hindurch belichtet, die an den Stellen lichtdurchlässig ist, an denen das Substrat für die Dotierung offen bleiben soll. Nach dem Belichten wird der Photolack an den belichteten Stellen mit einem Lösungsmittel entfernt, während die für das Lösungsmittel unlöslichen unbelichteten Bereiche des Photolacks auf dem Substrat verbleiben. Mit einem Ätzmittel wird dann an den lackfreien Stellen das Siliziumdioxid abgeätzt und anschließend wird der übrige Photolack entfernt. Das Substrat wird dann bei einer Temperatur von etwa 1000°C einer den Dotierungsstoff enthaltenden Gasphase ausgesetzt, wobei der Dotierungsstoff in die von der Siliziumdioxid-Schicht nicht bedeckten, offenen Substratstellen eindiffundiert. Beim Abkühlen des Substrats kommt der Diffusionsvorgang zum Stillstand. Das Substrat ist dann bereichsweise an den vorgesehenen Stellen dotiert. Mit Hilfe des Verfahrens lassen sich beispielsweise Transistoren, Dioden oder dergleichen elektronische Funktionsbausteine in das Substrat integrieren.

Das vorbekannte Verfahren hat jedoch den Nachteil, daß die Kosten für das zur Belichtung des Substrats benötigte Belichtungsgerät mit abnehmender Größe der herzustellenden Mikrostrukturen stark zunehmen, vergleiche F&M, Jahrgang 107 (1994), Heft 4, Seite 57 bis 60 und Heft 9, Seite 40 bis 44. Ungünstig ist dabei vor allem, daß die Auflösung des Belichtungsgerätes für die kleinste auf dem Substrat herzustellende Struktur dimensioniert werden muß, selbst dann, wenn gleichzeitig große Strukturen auf dem Substrat erzeugt werden. Die Herstellung von Festkörpern mit kleinen Strukturen ist deshalb aufwendig und kostenintensiv.

Es besteht deshalb die Aufgabe, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, das eine kostengünstige Herstellung eines Festkörpers mit einer kleinen Struktur ermöglicht.

Die Lösung dieser Aufgabe besteht darin, daß mit Hilfe einer Wärmebehandlung die eingebrachte Substanz in einen von der Maskierungsschicht überdeckten Substratbereich eindiffundiert wird, so daß sich ausgehend vom Rand der Maskierungsschicht mit zunehmendem Abstand vom Rand nach innen in dem von der Maskierungsschicht überdeckten Substratbereich ein Konzentrationsgefälle der Substanz einstellt, daß danach die Maskierungsschicht zum Freilegen des darunter befindlichen Substratbereichs entfernt wird, daß eine in dem freigelegten Substratbereich befindliche oberflächennahe Schicht des Substrats mittels einer chemischen Umwandlungsreaktion in eine Beschichtung mit einem dem Konzentrationsgefälle der in dieser

oberflächennahen Schicht enthaltenen Substanz entsprechenden Schichtdickenverlauf umgewandelt wird und daß in einem Teilbereich der Beschichtung, dessen Fläche kleiner ist als die von der ursprünglichen Maskierungsschicht überdeckten Substratfläche und in dem die Dicke der Beschichtung gegenüber den übrigen Teilbereichen der Beschichtung reduziert ist, eine Zusatzbehandlung durchgeführt wird, bei der das von diesem Teilbereich überdeckte Substratgebiet freigelegt und/oder in dieses Substratgebiet durch die Beschichtung hindurch ein Stoff eingebracht wird.

Mit Hilfe der Wärmebehandlung wird also der die eingebrachte Substanz aufweisende Bereich des Substrates vergrößert, wobei die Substanz bis unter den Rand der Maskierungsschicht unterdiffundiert. In dem von der Maskierungsschicht überdeckten Substratbereich stellt sich dann ein Konzentrationsgefälle mit einer ortsabhängigen Konzentration der Substanz ein, wobei die Konzentration in einer in der Grenzfläche von Maskierungsschicht und Substrat verlaufenden Substratebene mit zunehmender Entfernung vom Rand der Maskierungsschicht zum Inneren der Maskierungsschicht hin abnimmt. Die nach dem Entfernen der Maskierungsschicht auf dem ursprünglich von der Maskierungsschicht überdeckten Substratbereich mittels der chemischen Umwandlungsreaktion erzeugte Beschichtung weist an unterschiedlichen Stellen des Substratbereichs eine der Konzentration der Substanz an der jeweiligen Stelle entsprechende Dicke auf. Dabei kann je nach Wahl der chemischen Umwandlungsreaktion die Schichtdicke der Beschichtung entlang der Substratebene, ausgehend vom Rand des von der Maskierungsschicht ursprünglich überdeckten Substratbereichs zum Inneren dieses Substratbereichs hin entweder ab- oder zunehmen. Entsprechende chemische Umwandlungsreaktionen sind an sich bekannt. In vorteilhafter Weise kann die von der Schichtdicke abhängige Zusatzbehandlung für das Substrat in einem Gebiet durchgeführt werden, das kleiner ist als das ursprünglich von der Maskierungsschicht überdeckte Gebiet. So kann beispielsweise bei der Zusatzbehandlung die Beschichtung an ihrer dem Substrat abgewandten Oberfläche ganzflächig abgetragen werden, bis an den Stellen, an denen die ursprüngliche Dicke der Beschichtung geringer war als an den übrigen Stellen der Beschichtung ein Teilbereich des von der Beschichtung ursprünglich überdeckten Substratgebiets freigelegt ist. Bei der Zusatzbehandlung kann aber auch durch die Beschichtung hindurch ein chemischer Stoff in einen Teilbereich des von der Beschichtung überdeckten Substratgebiets eingebracht werden, beispielsweise durch Diffusion oder Beschuß mit Teilchen. Dabei ist das Schichtdickenprofil der Beschichtung so an die Diffusionseigenschaften des Stoffes und/oder die kinetische Energie der Teilchen angepaßt, daß der Stoff die Beschichtung nur bereichsweise an Stellen durchdringen kann, an denen die Schichtdicke eine vorbestimmte Dicke nicht überschreitet.

Bei einer Maskierungsschicht, die mittels eines photolithographischen Verfahrens auf dem Substrat erzeugt wurde, kann eine Struktur hergestellt werden, deren Abmessungen kleiner sind als die Abmessungen der kleinsten, aufgrund der begrenzten Auflösung des für das photolithographische Verfahren verwendeten Belichtungsgeräts noch zu belichtenden oder gegen das Licht abzudeckenden Substratoberfläche. In vorteilhafter Weise kann somit ein kostengünstiges Belichtungsgerät zum Einsatz kommen, dessen Auflösung geringer ist als die Abmessungen der kleinsten herzustellenden Struktur. Das Verfahren eignet sich besonders zum Herstellen von Festkörpern, die sowohl kleine als auch große Strukturen aufweisen.

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, daß zum Entfernen der Maskierungsschicht

die seitlich an die Maskierungsschicht angrenzenden Substratbereiche mit einer Ätzmaske abgedeckt und die Maskierungsschicht danach mit einem Ätzmittel in Berührung gebracht wird, und daß die Ätzmaske vorzugsweise mittels einer chemischen Reaktion erzeugt wird, bei der eine oberflächennahe Schicht der mit der Ätzmaske abzudeckenden Substratbereiche in ein Ätzmaskenmaterial umgewandelt wird. Die Ätzmaske kann dann auf einfache Weise und ohne die Verwendung eines zusätzlichen Photolithographieschrittes auf die von der Maskierungsschicht nicht bedeckten Oberflächenbereiche des Substrats aufgebracht werden. Die oberflächennahe Schicht kann dazu beispielsweise in einer Stickstoffatmosphäre in eine gegen ein entsprechendes Ätzmittel beständige Nitridschicht umgewandelt werden. Die Oberfläche des Festkörpers kann dann zum Entfernen der Maskierungsschicht ganzflächig mit dem Ätzmittel in Berührung gebracht werden. Wenn die Ätzmaske eine größere Dicke aufweist als die Maskierungsschicht kann auch ein Ätzmittel verwendet werden, das außer der Maskierungsschicht auch die Ätzmaske von dem Festkörper abträgt. In diesem Fall müssen die Ätzraten und die Dicken von Maskierungsschicht und Ätzmaske so aufeinander abgestimmt sein, daß nach dem vollständigen Abtragen der Maskierungsschicht mit dem Ätzmittel die Ätzmaske noch eine Restdicke aufweist und somit das Substrat weiterhin bedeckt.

Besonders vorteilhaft ist, wenn die Ätzmaske während der Wärmebehandlung durch thermische Oxidation von Substratmaterial in einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre erzeugt wird. Dadurch kann ein zusätzlicher Fertigungsschritt für die Herstellung der Ätzmaske entfallen.

Vorteilhaft ist, wenn die chemische Umwandlungsreaktion eine Oxidationsreaktion ist. Die Beschichtung kann dann auf einfache Weise in einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre, gegebenenfalls unter Energiezufuhr erzeugt werden. Dabei wird insbesondere bei einem Silizium-Substrat, in das ein Dotierungsmittel eindiffundiert wurde, eine deutliche Ausprägung eines von dem Konzentrationsgradient des Dotierungsmittels in dem Substratmaterial abhängigen Schichtdickenverlaufs der Beschichtung erreicht.

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, daß in dem Substratbereich, in dem die Maskierungsschicht entfernt wurde, die oberflächennahe Schicht des Substrats durch die chemische Umwandlungsreaktion in eine elektrisch isolierende Beschichtung umgewandelt wird, und daß nach dem bereichsweisen Abtragen der Beschichtung an der freigelegten Oberfläche des elektrisch leitfähigen Substratgebietes eine Metallschicht galvanisch abgeschieden wird. Dadurch ist es beispielsweise möglich, eine Mikroelektrode und/oder eine Leiterbahn mit kleinen Abmessungen auf das Substrat aufzubringen. Das Abscheiden der Metallschicht kann insbesondere stromlos galvanisch erfolgen.

Vorteilhaft ist, wenn auf die Oberfläche des Festkörpers eine vorzugsweise metallische Oberflächenschicht aufgetragen wird, und daß die Hafteigenschaften des Substratmaterials und der Beschichtung so auf das Material der Oberflächenschicht abgestimmt werden, daß diese nur an dem freigelegten Teilbereich des Substratgebietes haften bleibt. Das Material der Oberflächenschicht wird dabei so gewählt, daß es an dem freigelegten Teilbereich des Substratgebietes besser anhaftet als an den dazu benachbarten Oberflächenbereichen der Beschichtung. Eventuell nach dem Beschichten an den benachbarten Oberflächenbereichen anhaftende Schichtbereiche der Oberflächenschicht können dann beispielsweise mechanisch von der Oberfläche des Festkörpers angelöst werden, während der an dem freigelegten Teilbereich des Substratgebietes anhaftende Bereich der Oberflä-

chenschicht weiterhin an diesem anhaften bleibt. Gegebenenfalls kann die Oberflächenschicht durch Incorporation von Fremdatomen mechanisch verspannt werden. Beim Ablösen der an der Beschichtung anhaftenden Schichtbereiche können sich dann entlang des Umgrenzungsrandes der Oberfläche des freigelegten Teilbereiches des Substratgebietes in der Oberflächenschicht Risse ausbilden, die das Ablösen der an der Beschichtung anhaftenden Bereiche dieser Oberflächenschicht erleichtern.

Bei einer Ausführungsform der Erfindung wird die oberflächennahe Schicht des Substrates mittels der chemischen Umwandlungsreaktion in eine für einen aufzubringenden chemischen Stoff undurchlässige Beschichtung umgewandelt und bei der Zusatzbehandlung wird zunächst das von einem Teilbereich dieser Beschichtung überdeckte Substratgebiet freigelegt und der Stoff anschließend in dieses Substratgebiet eingebracht. Das Einbringen des Stoffes, der insbesondere ein Dotierungsmaterial für ein Halbleitersubstrat sein kann, kann beispielsweise durch Diffusion oder Beschuß mit Teilchen erfolgen, wobei der Stoff in das freigelegte Substratgebiet eindringt, während in den von der Beschichtung überdeckten Bereichen des Substrats ein Eindringen des Stoffes in das Substrat durch die Beschichtung verhindert wird.

Bei einer Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, daß mit Hilfe einer Wärmebehandlung die eingebrachte Substanz in einen von der die Maskierungsschicht überdeckten Substratbereich eindiffundiert wird, so daß sich ausgehend vom Rand der Maskierungsschicht mit zunehmendem Abstand vom Rand nach innen in dem von der Maskierungsschicht überdeckten Substratbereich ein Konzentrationsgefälle der Substanz einstellt, daß danach die Maskierungsschicht zum Freilegen des darunter befindlichen Substratbereichs entfernt wird, daß eine in dem freigelegten Substratbereich befindliche oberflächennahe Schicht des Substrats mittels einer chemischen Umwandlungsreaktion in eine Beschichtung mit einem dem Konzentrationsgefälle der in dieser oberflächennahen Schicht enthaltenen Substanz entsprechenden Schichtdickenverlauf umgewandelt wird und daß in einem Teilbereich der Beschichtung, dessen Fläche kleiner ist als die von der ursprünglichen Maskierungsschicht überdeckte Substratfläche und in dem die Dicke der Beschichtung gegenüber den übrigen Teilbereichen der Beschichtung reduziert ist, eine Zusatzbehandlung durchgeführt wird, bei der das von diesem Teilbereich überdeckte Substratgebiet freigelegt und/oder in dieses Substratgebiet durch die Beschichtung hindurch ein chemischer Stoff eingebracht wird. Dabei werden das Medium, das Material der seitlich an den freigelegten Substratbereich angrenzenden Beschichtung und/oder die Reaktionsbedingungen vorzugsweise so gewählt, daß zwischen dem Medium und dem Material der Beschichtung eine chemische Reaktion nicht stattfindet. Die chemische Reaktion ist dann auf den freigelegten Teilbereich des Substratgebietes beschränkt, so daß dieser gezielt chemisch verändert werden kann.

Bei einer Ausführungsform der Erfindung wird nach dem Freilegen des Substratgebietes zum Einbringen einer Vertiefung in das Substratgebiet das Substratgebiet mit einem Ätzmittel für das Substratmaterial in Kontakt gebracht, gegen das die das Substratgebiet umgrenzende Beschichtung im wesentlichen chemisch beständig ist. Die Beschichtung bildet dann eine Ätzmaske für das Ätzmittel. Zum Einbringen eines im Querschnitt etwa V-förmigen Grabens in das Substratgebiet kann ein anisotropes Ätzmittel verwendet werden. Der Festkörper kann ein Teil eines Mikroreaktors sein, wobei die eingezätzte Vertiefung beispielsweise als Zuführkanal für eine in die Kammer des Mikroreaktors einzubringende Substanz und/oder als Abführkanal für eine aus der

Kammer abzuleitende Substanz ausgebildet sein kann. Als Substrat wird für einen Teil eines Mikroreaktors vorzugsweise ein metallisches Material verwendet, beispielsweise Aluminium oder Silber, das eine gute Wärmeableitung aus der oder in die Kammer des Mikroreaktors ermöglicht. Nachfolgend sind Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen zum Teil stärker schematisiert:

Fig. 1 einen Querschnitt durch einen zum Herstellen eines Halbleiterbauelements vorgesehenen Festkörper, in dessen Substrat seitlich beidseits einer Maskierungsschicht Dotierungsbereiche eingebracht wurden,

Fig. 2 der in Fig. 1 gezeigte Festkörper nach einer Wärmebehandlung, bei der das Dotierungsmaterial unter die Maskierungsschicht diffundiert ist,

Fig. 3 der in Fig. 2 gezeigte Festkörper nach dem Entfernen der Maskierungsschicht und dem anschließenden Aufbringen einer ein Dickenprofil aufweisenden Beschichtung,

Fig. 4 der in Fig. 3 gezeigte Festkörper nach einem Ätzprozeß, bei dem die Beschichtung bereichsweise von dem Substrat entfernt wurde,

Fig. 5 der in Fig. 4 gezeigte Festkörper nach dem selektiven Aufbringen einer Metallbeschichtung und

Fig. 6 einen Querschnitt durch eine DMOS-Transistorzelle.

Bei einem Verfahren zum Herstellen eines als Halbleiterbauelement ausgebildeten Festkörpers 1 mit einer Mikrostruktur 2 wird ein vorzugsweise aus Silizium bestehendes Substrat 3 bereitgestellt, das an seiner Oberfläche eine vorzugsweise aus Siliziumoxid bestehende Passivierungsschicht 4 aufweist, die das Substrat 3 durchgehend bedeckt. In die Passivierungsschicht 4 wird mit einem an sich bekannten Verfahren, beispielsweise durch photolithographisches Aufbringen einer ätzbeständigen Maske und einen anschließend Naßätzprozeß, eine Öffnung 5 eingebracht, die einen Teilbereich des Substrats 3 freilegt. Zum Herstellen einer Maskierungsschicht 6 wird in der Öffnung 5 mittels eines Beschichtungsverfahrens, wie zum Beispiel Chemical-Vapour-Deposition, auf den in der Öffnung 5 freigelegten Substratbereich ganzflächig eine Siliziumnitrid-Schicht aufgetragen. Anschließend wird auf diese Schicht mittels eines Photolithographie-Schrittes eine gegen ein Ätzmittel, wie zum Beispiel Phosphorsäure, beständige Ätzmaske aufgetragen, welche die Siliziumnitrid-Schicht bereichsweise abdeckt. Dann wird der Festkörper 1 zum Entfernen der nicht durch die Ätzmaske abgedeckten Bereiche der Siliziumnitrid-Schicht mit dem Ätzmittel in Berührung gebracht. Danach wird die Ätzmaske entfernt. In Fig. 1 ist erkennbar, daß die auf dem Substrat 3 verbleibenden Bereiche der Siliziumnitrid-Schicht eine einen Teilbereich des in der Öffnung 5 befindlichen Substratbereiches überdeckende Maskierungsschicht 6 bilden und daß diese Maskierungsschicht 6 seitlich beidseits von der Passivierungsschicht 4 beabstandet ist. Das Material der Maskierungsschicht 6 ist so gewählt, daß die Maskierungsschicht 6 für eine zum Dotieren des Substrats vorgesehene Substanz, wie zum Beispiel Bor oder Phosphor, undurchlässig ist.

Nach dem Fertigstellen der Maskierungsschicht 6 wird diese Substanz zum Dotieren der nicht von der Maskierungsschicht 6 überdeckten Substratbereiche in die Öffnung 5 eingebracht. Dies kann beispielsweise in der Weise geschehen, daß der Festkörper 1 einem Gasstrom ausgesetzt wird, in dem die Substanz enthalten ist. Die Substanz diffundiert dann in die von der Maskierungsschicht 6 nicht bedeckten Substratbereiche und bildet dort Dotierungszonen 7 (Fig. 1).

Nach dem Einbringen und/oder während des Einbringens der Substanz in die Dotierungsbereiche 7 wird eine Wärme-

behandlung durchgeführt, bei der die eingebrachte Substanz in einen von der Maskierungsschicht 6 überdeckten Substratbereich eindiffundiert. Die Wärmebehandlung kann beispielsweise bei einer Temperatur von etwa 1000°C erfolgen. In Fig. 2 ist deutlich erkennbar, daß sich die Dotierungsbereiche 7 gegenüber Fig. 1 aufgeweitet haben und daß das Dotierungsmaterial bis unter den Rand der Maskierungsschicht 6 unterdiffundiert ist. Nach Beendigung der Wärmebehandlung ergibt sich in der Erstreckungsebene der Dotierungsbereiche 7, jeweils ausgehend vom Rand der Maskierungsschicht 6 in den von der Maskierungsschicht 6 überdeckten Substratbereich mit zunehmendem Abstand vom Rand der Maskierungsschicht 6 eine Abnahme der Konzentration der Substanz.

Während der Wärmebehandlung ist der Festkörper 1 einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre ausgesetzt, in der auf den nicht von der Maskierungsschicht 6 überdeckten Substratbereich in der Öffnung 5 eine Oxidschicht aufwächst, die eine Ätzmaske 8 bildet, die gegen ein zum Entfernen der Maskierungsschicht 6 vorgesehene Ätzmittel, wie zum Beispiel Phosphorsäure, beständig ist. Mit diesem Ätzmittel wird die Maskierungsschicht 6 nach Beendigung der Wärmebehandlung zum Entfernen der Maskierungsschicht 6 in Berührung gebracht, wobei der unter der Maskierungsschicht 6 befindliche Substratbereich freigelegt wird.

Danach wird eine in dem freigelegten Substratbereich befindliche oberflächennahe Schicht des Substrats 3 mittels einer chemischen Umwandlungsreaktion in einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre in eine Siliziumdioxid-Beschichtung 9 umgewandelt. Die lokale Dicke dieser Beschichtung 9 ist von der Konzentration der in den an der chemischen Umwandlungsreaktion jeweils beteiligten Substratbereich eindiffundierten Substanz in dem Substratmaterial abhängig. In Fig. 3 ist deutlich erkennbar, daß die Dicke der Beschichtung 9 in der Erstreckungsebene der Beschichtung 9 ausgehend vom Rand der Beschichtung 9 zur Mitte der Beschichtung 9 hin abnimmt, und zwar entsprechend der jeweiligen Konzentrationsabnahme der Substanz in dem Substrat 3.

Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 4 wird die Beschichtung 9 einem Ätzmittel ausgesetzt, daß das Material von der dem Substrat 3 abgewandten Oberfläche der Beschichtung 9 wegätzt. Der Ätzprozeß wird gestoppt, wenn ein Teilbereich der Beschichtung 9, in dem die ursprüngliche Dicke der Beschichtung 9 gegenüber den benachbarten Teilbereichen der ursprünglichen Beschichtung 9 reduziert ist, vollständig abgetragen und das von diesem Teilbereich überdeckte Substrat 3 freigelegt ist. In Fig. 4 ist erkennbar, daß nach Beendigung des Ätzprozesses der von der ursprünglichen Maskierungsschicht 6 überdeckte Substratbereich nur noch an seinen Randbereichen von der Beschichtung 9 überdeckt ist und daß ein Substratbereich, der kleiner ist als der von der ursprünglichen Maskierungsschicht 6 überdeckte Substratbereich freigelegt ist. Während des Ätzens der Beschichtung 9 werden zwar auch oberflächennahe Schichten von der Passivierungsschicht 4 und der Ätzmaske 9 abgetragen, jedoch ist die Dicke der Passivierungsschicht 4 und die der Ätzmaske 9 so groß gewählt, daß diese nur über einen Teil ihrer Dicke weggeätzt werden und somit das darunter befindliche Substrat-Material nach Beendigung des Ätzvorganges weiterhin abgedeckt bleibt.

Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 5 besteht die Beschichtung 9 aus einem elektrisch isolierenden Material. Nach dem bereichsweisen Abtragen der Beschichtung 9 wird an der freigelegten Oberfläche des Substrats 3 eine Metallschicht 10 galvanisch abgeschieden, die beispielsweise eine Elektrode oder eine Leiterbahn bilden kann. In Fig. 5 ist deutlich erkennbar, daß die Abmessungen a der Metallschicht 10 kleiner sind als die Abmessungen b der ursprüng-

lichen Maskierungsschicht 6. Mit dem Verfahren kann also eine Mikrostruktur 2 hergestellt werden, deren Abmessungen kleiner sind als die Auflösung einer zum Herstellen der photolithographisch aufgetragenen Maskierungsschicht 6 verwendeten Belichtungseinrichtung. Somit können die zusätzlichen Kosten für eine hochauflösende Belichtungseinrichtung eingespart werden.

In das durch das bereichsweise Entfernen der Beschichtung 9 freigelegte Substratgebiet kann ein Stoff eingebracht werden. Das Material der Beschichtung 9 wird dazu so gewählt, daß der nach dem Freilegen des Substratgebiets auf dem Substrat 3 verbleibende Rest der Beschichtung 9 für den einzubringenden Stoff zumindest bereichsweise undurchlässig ist. Zum Einbringen des Stoffes wird der Festkörper mit dem beispielsweise in einer Gasphase befindlichen Stoff in Kontakt gebracht, wobei der Stoff im wesentlichen nur in die freigelegten Substratbereiche eindiffundiert, während die übrigen Substratbereiche von dem Stoff freibleiben.

In Fig. 6 ist eine nach dem Verfahren hergestellte DMOS-Transistorzelle gezeigt, bei welcher der Stoff ein Dotierungsmaterial ist, das in eine p^+ -Zone für eine Freilaufdiode eingebracht wurde. Die beidseits der p^+ -Zone 15 angeordneten Dotierungsbereiche 7 sind als n^+ -Sourcegebiete ausgebildet, die in einen p-dotierten Substratbereich 11 eingebettet sind. Dieser p-dotierte Substratbereich 11 ist seinerseits in einen n-dotierten Substratbereich 12 eingelassen. Außerdem sind in Fig. 6 Gate-Kontakte 13, eine Passivierungsschicht 4, ein Source-Kontakt 14 und eine Gateoxid-Schicht 16 erkennbar.

Bei dem Verfahren zum Herstellen eines Festkörpers 2 mit einer Mikrostruktur 2 wird also die Oberfläche eines Substrats 3 mit einer für eine aufzubringende Substanz undurchlässigen Maskierungsschicht 6 versehen. Danach wird die Substanz in von der Maskierungsschicht 6 nicht bedeckte Substratbereiche eingebracht. Mit Hilfe einer Wärmebehandlung wird die Substanz in einen von der Maskierungsschicht 6 überdeckten Substratbereich eindiffundiert, so daß sich ausgehend vom Rand der Maskierungsschicht 6 mit zunehmendem Abstand vom Rand nach innen in dem von der Maskierungsschicht 6 überdeckten Substratbereich ein Konzentrationsgefälle der Substanz einstellt. Danach wird die Maskierungsschicht 6 zum Freilegen des darunter befindlichen Substratbereichs entfernt und eine in dem freigelegten Substratbereich befindliche oberflächennahe Schicht des Substrats 3 wird mittels einer chemischen Umwandlungsreaktion in eine Beschichtung 9 umgewandelt, die einen dem Konzentrationsgefälle der in der oberflächennahen Schicht enthaltenen Substanz entsprechenden Schichtdickenverlauf aufweist. In einem Teilbereich der Beschichtung 9, in dem die Dicke der Beschichtung 9 reduziert ist, wird eine Zusatzbehandlung durchgeführt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines eine Mikrostruktur aufweisenden Festkörpers (1), insbesondere eines Halbleiterbauelements, wobei die Oberfläche eines Substrats (3) mit einer für eine aufzubringende Substanz undurchlässigen Maskierungsschicht (6) versehen und die Substanz danach in von der Maskierungsschicht (6) nicht bedeckte Substratbereiche eingebracht wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß mit Hilfe einer Wärmebehandlung die eingebrachte Substanz in einen von der Maskierungsschicht (6) überdeckten Substratbereich eindiffundiert wird, so daß sich ausgehend vom Rand der Maskierungsschicht (6) mit zunehmendem Abstand vom Rand nach innen in dem von der

Maskierungsschicht (6) überdeckten Substratbereich ein Konzentrationsgefälle der Substanz einstellt, daß danach die Maskierungsschicht (6) zum Freilegen des darunter befindlichen Substratbereichs entfernt wird, daß eine in dem freigelegten Substratbereich befindliche oberflächennahe Schicht des Substrats (3) mittels einer chemischen Umwandlungsreaktion in eine Beschichtung (9) mit einem dem Konzentrationsgefälle der in dieser oberflächennahen Schicht enthaltenen Substanz entsprechenden Schichtdickenverlauf umgewandelt wird und daß in einem Teilbereich der Beschichtung (9), dessen Fläche kleiner ist als die von der ursprünglichen Maskierungsschicht (6) überdeckte Substratfläche und in dem die Dicke der Beschichtung (9) gegenüber den übrigen Teilbereichen der Beschichtung (9) reduziert ist, eine Zusatzbehandlung durchgeführt wird, bei der das von diesem Teilbereich überdeckte Substratgebiet freigelegt und/oder in dieses Substratgebiet durch die Beschichtung (9) hindurch ein Stoff eingebracht wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zum Entfernen der Maskierungsschicht (6) die seitlich an die Maskierungsschicht (6) angrenzenden Substratbereiche mit einer Ätzmaske (8) abgedeckt und die Maskierungsschicht (6) danach mit einem Ätzmittel in Berührung gebracht wird, und daß die Ätzmaske (8) vorzugsweise mittels einer chemischen Reaktion erzeugt wird, bei der eine oberflächennahe Schicht der mit der Ätzmaske (8) abzudeckenden Substratbereiche in ein Ätzmaskenmaterial umgewandelt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Ätzmaske (8) während der Wärmebehandlung durch thermische Oxidation von Substratmaterial in einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre erzeugt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die chemische Umwandlungsreaktion eine Oxidationsreaktion ist.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Substratbereich, in dem die Maskierungsschicht (6) entfernt wurde, die oberflächennahe Schicht des Substrats (3) durch die chemische Umwandlungsreaktion in eine elektrisch isolierende Beschichtung (9) umgewandelt wird, und daß nach dem bereichsweisen Abtragen der Beschichtung (9) an der freigelegten Oberfläche des elektrisch leitfähigen Substratgebiets eine Metallschicht (10) galvanisch abgeschieden wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß auf die Oberfläche des Festkörpers (1) eine vorzugsweise metallische Oberflächenschicht aufgetragen wird, und daß die Hafteigenschaften des Substratmaterials und der Beschichtung so auf das Material der Oberflächenschicht abgestimmt werden, daß diese nur an dem freigelegten Teilbereich des Substratgebiets haften bleibt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die oberflächennahe Schicht des Substrats (3) mittels der chemischen Umwandlungsreaktion in eine für einen aufzubringenden chemischen Stoff undurchlässige Beschichtung (9) umgewandelt wird, und daß bei der Zusatzbehandlung zunächst das von einem Teilbereich dieser Beschichtung (9) überdeckte Substratgebiet freigelegt und der Stoff anschließend in dieses Substratgebiet eingebracht wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Festkörper (1) mit ei-

nem Medium, insbesondere einem Gas, in Kontakt gebracht wird, und daß dabei das in dem freigelegten Substratgebiet befindliche Substratmaterial durch eine chemische Reaktion mit diesem Medium in ein anderes Material umgewandelt wird.

5

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Freilegen des Substratgebiets zum Einbringen einer Vertiefung in das Substratgebiet das Substratgebiet mit einem Ätzmittel für das Substratmaterial in Kontakt gebracht wird, gegen das die das Substratgebiet umgrenzende Beschichtung (9) im wesentlichen chemisch beständig ist.

10

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

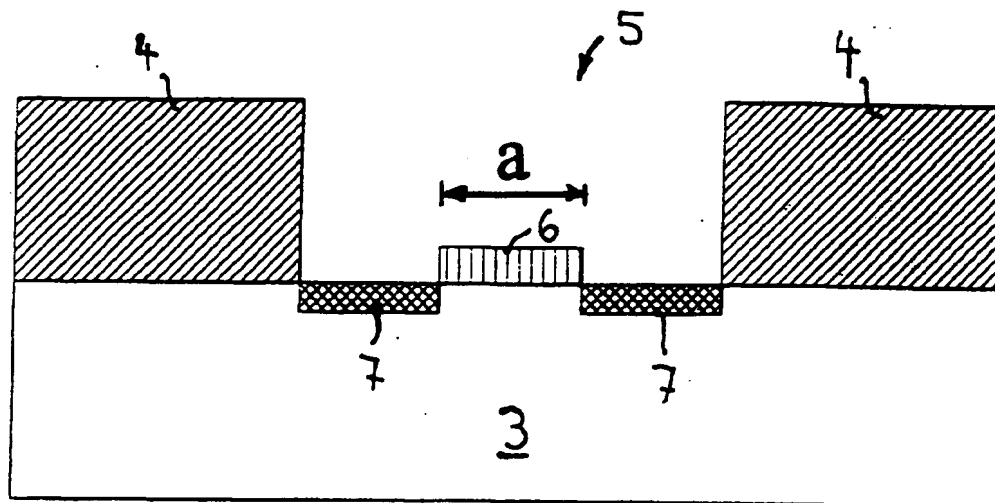


Fig.1

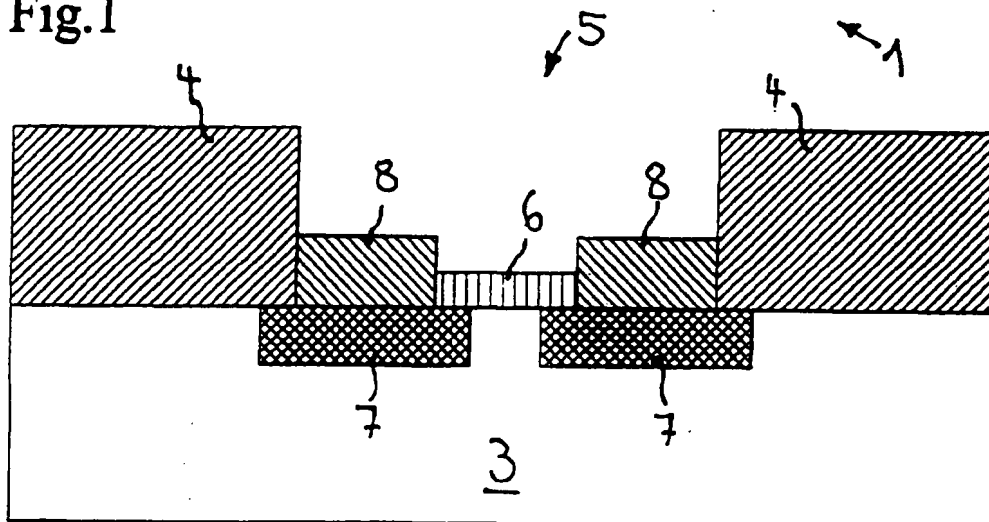


Fig.2

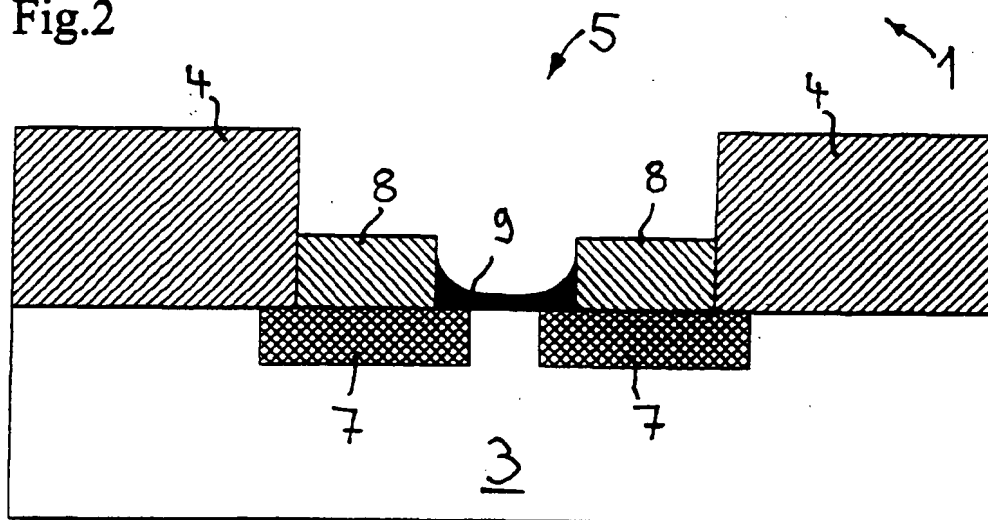


Fig.3

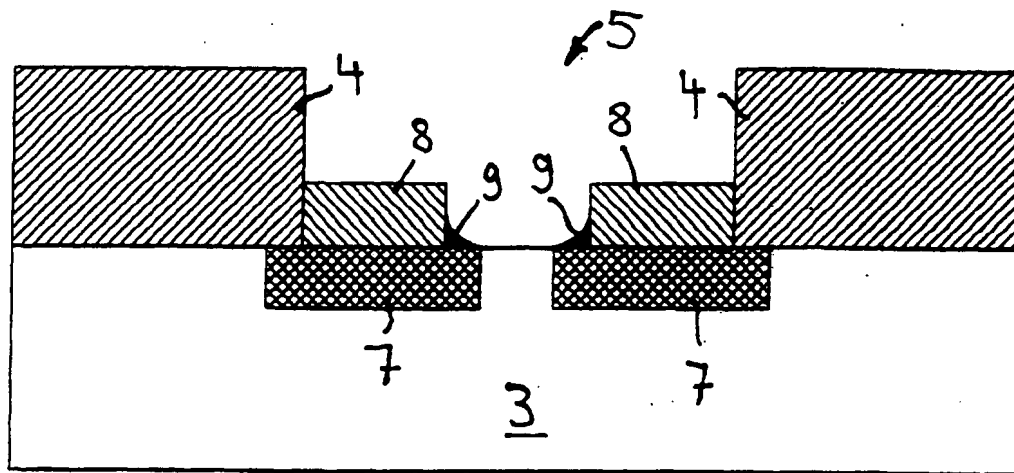


Fig.4

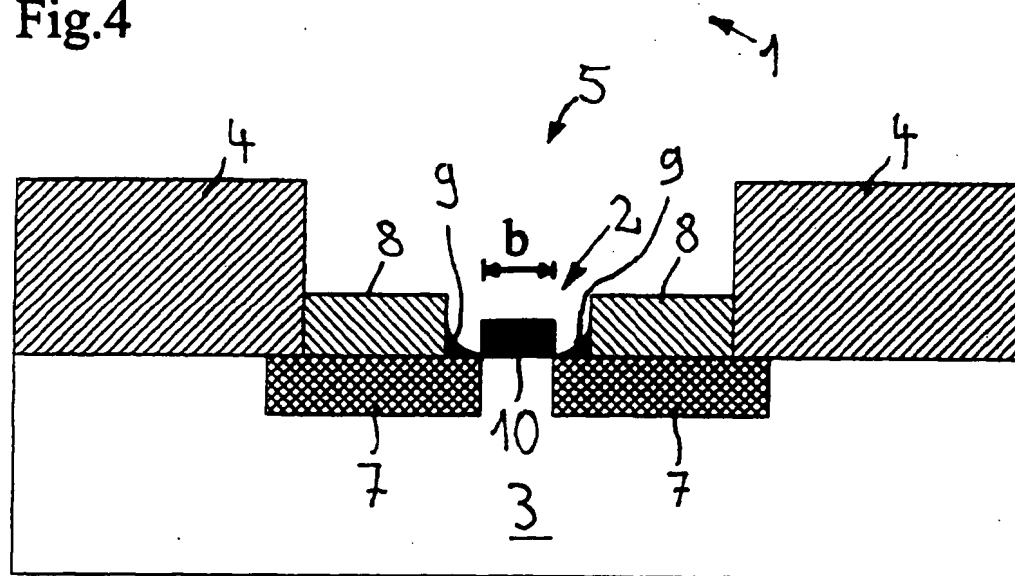


Fig.5

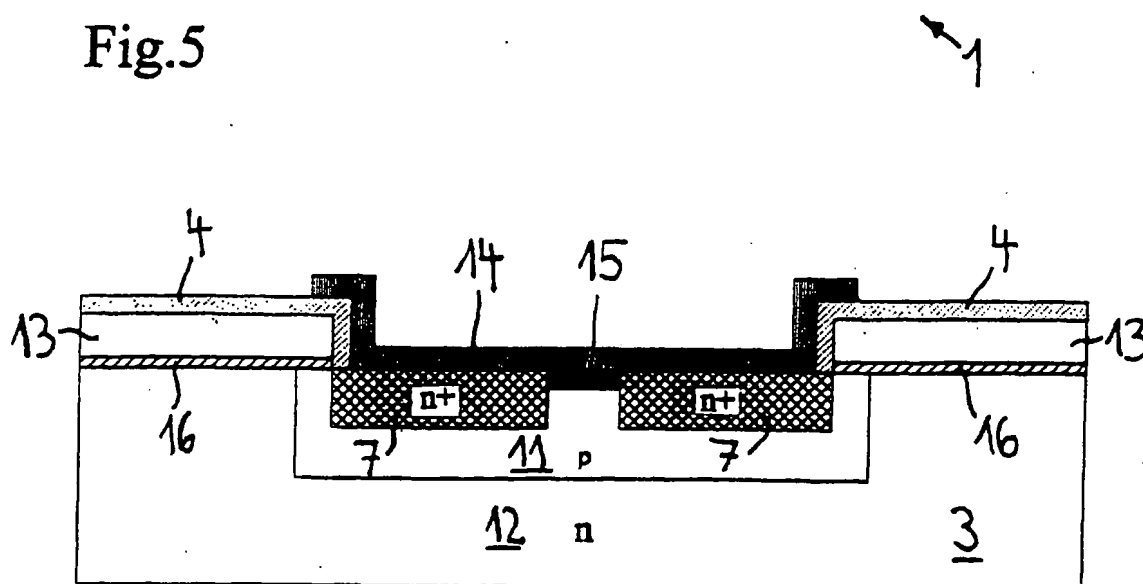


Fig. 6